



## **Copenhagen ITS: Forsøg med wifi-baseret positionering på H.C. Andersens Boulevard**

**Høeg, Per; Nielsen, Thomas Sick; Olsen, Allan**

*Published in:*  
Trafik & Veje

*Publication date:*  
2017

*Document Version*  
Peer reviewed version

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Høeg, P., Nielsen, T. S., & Olsen, A. (2017). Copenhagen ITS: Forsøg med wifi-baseret positionering på H.C. Andersens Boulevard. *Trafik & Veje*, 2017(8), 39-52.

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Copenhagen ITS: Forsøg med wifi-baseret positionering på H.C. Andersens Boulevard

Per Høeg, [per.hoeg@dtu.dk](mailto:per.hoeg@dtu.dk)

Thomas Sick Nielsen, [thomas.sick.nielsen@gmail.com](mailto:thomas.sick.nielsen@gmail.com)

Allan Olsen, [allan@paretoit.dk](mailto:allan@paretoit.dk)

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

## Abstract

I samarbejde med Københavns Kommune afprøvede CITS konsortiet potentialet i wifi-baseret positionering med en forsøgsstrækning på H.C. Andersens Boulevard i vintermånederne 2014-2015. Wifi-positioneringen giver et nyt datagrundlag for trafik og bylivsundersøgelser, herunder f.eks. et grundlag for at følge både ophold og trafik med fokus på retning og bevægelse/hastighed. Udviklingsbehovet knytter sig til, hvilken præcision det er muligt at opnå samt hvad der er den 'optimale' efterbehandling af data for at understøtte analyser.

## Introduktion

I efteråret 2013 iværksatte Københavns Kommune et offentligt-privat innovationsforløb (OPI) forud for et større udbud rettet mod anvendelse af Intelligente Trafik Systemer (ITS). Ønsket var at få et stærkere og et mere innovativt selektionsgrundlag for, samt konkrete eksempler på, hvad ITS kan bruges til i moderne trafikstyring og trafikinformations flow. Citelum, Leapcraft og DTU dannede CITS konsortiet med henblik på at lave et koncept for ITS. I den efterfølgende periode blev koncept udarbejdet i tæt samarbejde mellem de to virksomheder, Københavns Kommune og forskere fra DTU.

Udgangspunktet for konsortiets arbejde var smart cities fyrtånsprojektet 'Copenhagen Connecting', som Københavns kommune havde udviklet i samarbejde med DTU i sommeren 2013, hvor sensorer anvendes til at monitorere trafik i storbyen.

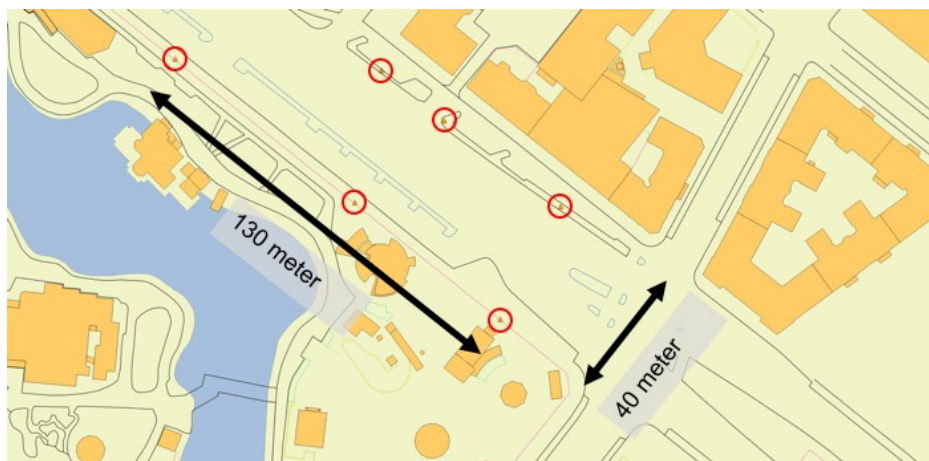
ITS udfordringen i København er som i mange andre europæiske storbyer, at man har mange forskellige typer af trafikkanter i en middelalderlig by-struktur. Samtidig ønsker man at fremme cyklisme og offentlig trafik uden for stor reduktion i mobiliteten i byen for biler, busser og tunge køretøjer. Målet var derfor, monitorering af både cyklister, fodgængere og køretøjer med henblik på at skabe et nyt datagrundlag for planlægning og løsninger. Et andet mål for CITS konsortiet var afprøvning af mulighederne i wifi-baseret positionering af smartphones ved hjælp af mac-adresser som identifikationsmarkør i positions- og hastighedsbestemmelsen.

Med den store udbredelse af smartphones (ca. 80% af befolkningen) rummer wifi-baseret tracking et stort potentiale for trafik og bylivsundersøgelser. Et lignende system som anvendt i CITS projektet er installeret i Københavns Lufthavn til tætheds- og flow-monitorering af smartphones. Andre steder anvendes en noget simplere teknik, hvor kun antal af smartphones tælles i nærheden af wifi-access punkt.

Det var ønsket at gennemføre en egentlig demonstration af teknologien på H.C. Andersens Boulevard i København for bedre at kunne identificere teknikens potentialer og udfordringer. Forsøgsperioden strakte sig fra oktober 2014 til februar 2015.

## Forsøgsopstilling

H.C. Andersens Boulevard var, som en af byens mest trafikerede gader med et stort volumen af både biler, busser, cyklister og gående, oplagt som demonstrationsplatform for projektet. Strækningen langs Tivoli, fra Rådhuset til Stormgade, blev valgt af logistiske grunde. Det opsattes 6 Cisco access-punkter, 3 på hver side af vejen i lysmaster, der var forbundet med strømforsyning til 24-timers drift. Udover access-punktet installeredes i hver boks eller målepunkt en realtids krypteringsenhed og et 4G high-speed modem til kommunikationen af det enkeltes punkts observationer. Alle data samledes på en fælles server, som stod for dekrypteringen af data og beregningen af tider, positioner og hastigheder for den enkelte enhed med mac-adressen som identifikationsparameteren i databasen. Næste step i databehandlingen bestod i at anonymisere de observerede enheders mac-identifikation med en envejs ikke-reversibel matematisk metode. Database-nøgle for processen var gjort konstant over det pågældende døgn. Det vil sige, at enhedernes bevægelsesmønster (med det anonyme database-id) derfor kun var kendt indenfor det samme døgn.



Billede 1: CITS forsøgsområdet på H.C. Andersens Boulevard

Det skal i forhold til forsøgsopstillingen bemærkes, at adgangen til access-punkterne (udlånt af Cisco) i toppen af lysmasterne, og de begrænsede muligheder for at dække omkostningerne ved eventuelle opgraderinger, samt strømforsyningen til boksene, i høj grad var med til at afgrænse, hvad der kunne lade sig gøre at afprøve. En længere strækning (end de knapt 200 meter CITS opstillingen dækkede) ville kunne give bedre målinger af hastigheds-flow og retningsændringer for wifi-enheder/smartphones, der bevæger sig på strækningen og dermed forbedre grundlaget for trafikanalyser på baggrund af data.



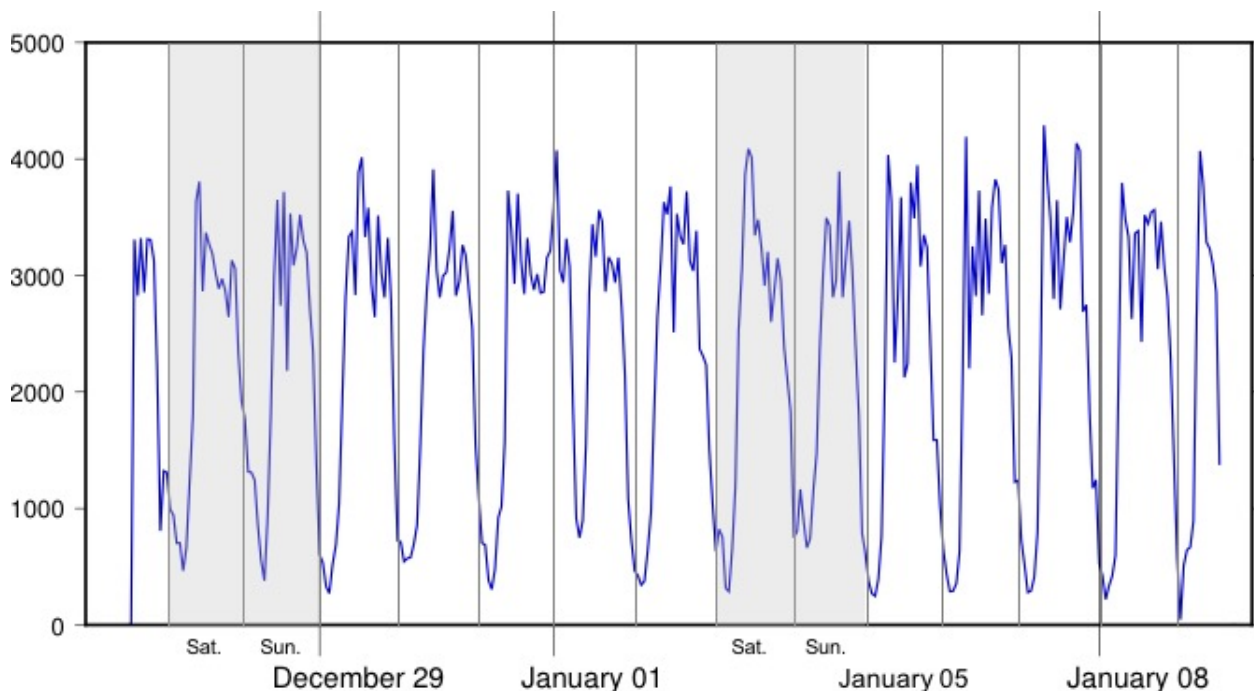
Billede 2: Boksen opsat i lysmasterne med access-punkt, krypteringsboks og 4G high-speed wifi-modem



Billede 3: Cyklister på H.C. Andersens Boulevard

## Hvad fortæller data?

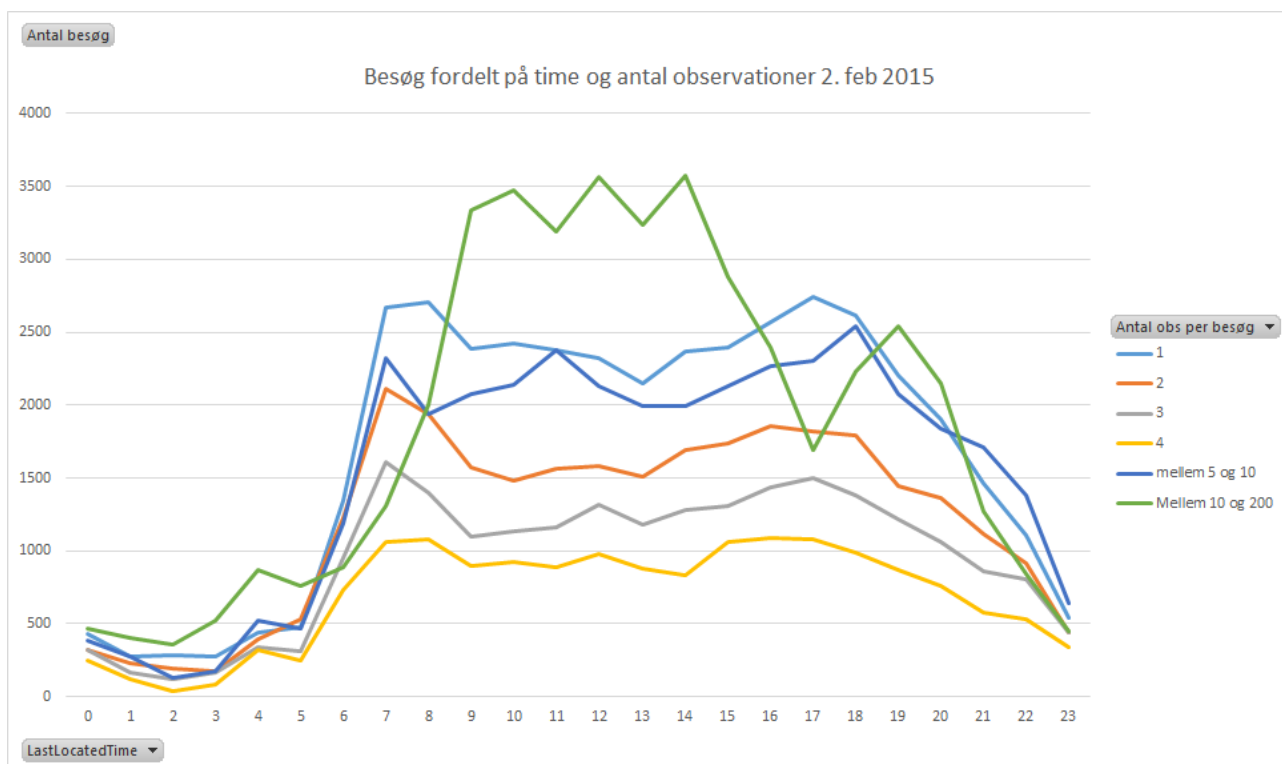
Som en del af forsøget har vi bl.a. set på hvad der overhovedet kommer med i data og i hvilken grad, data understøtter inddeling i og statistik over bevægelsesretninger og mønster. Figur 1 angiver det samlede antal af monitorerede wifi-enheder pr. time over en 15-dages periode. Myldretiderne og den mindre trafik om natten er tydelig i figuren og beskrevet ved en cyklisk døgnbevægelse.



Figur 1: Antal registrerede wifi-enheder i timen (for perioden 26. december 2014 til 9. januar 2015). De skraverede områder i gråt angiver weekender.

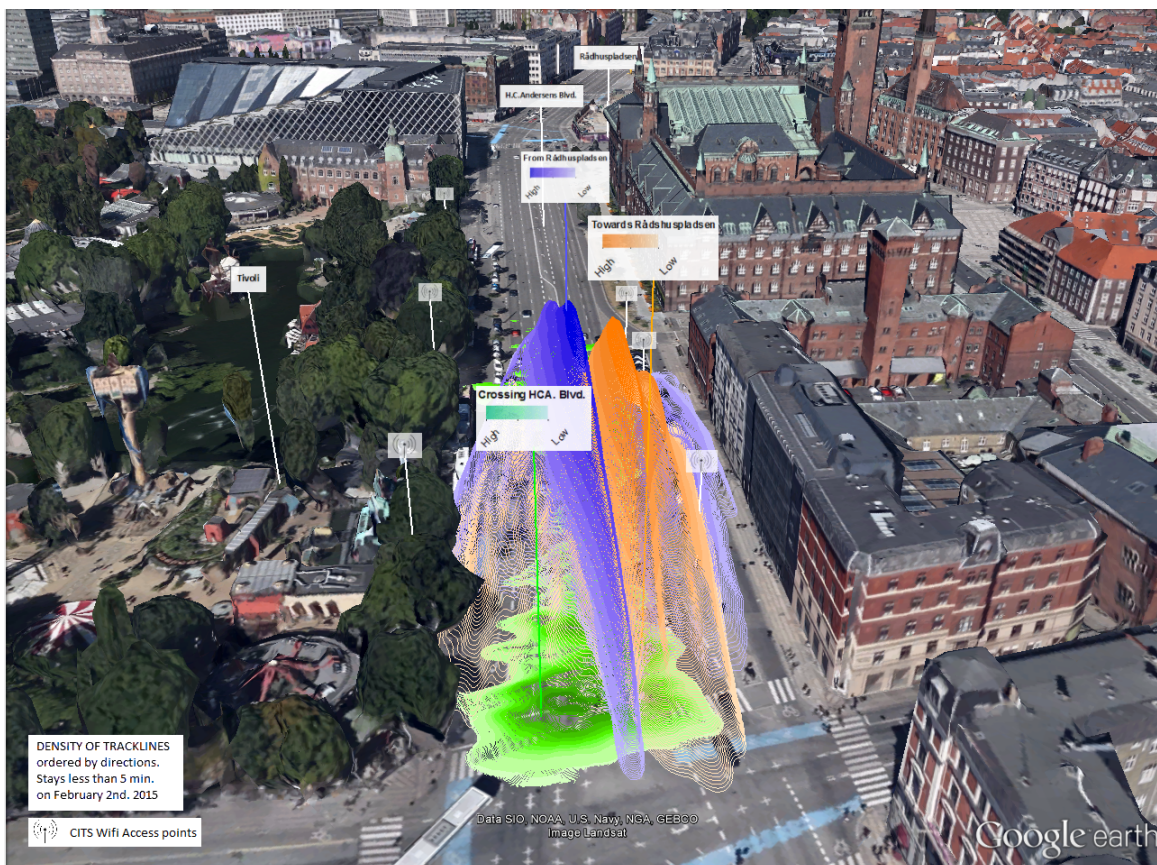
Udover at se på antallet af wifi-enheder i området, som CITS projektet dækkede, analyseredes også, hvor ofte en enhed blev målt til at forlade zonen, komme igen eller blive i CITS zonen. Figur 2 viser (for den 2. februar 2015) hvor mange wifi-enheder, der er registreret én eller flere gange pr. ophold/besøg i zonen. Et stort antal wifi-enheder er kun observeret én gang pr. ophold. Forklaringen på dette ene datapunkt pr. wifi-enhed er formentligt at zonen passeres hurtigt og/eller at enheden kommunikerer med wifi-antennerne med en lav frekvens. Et større antal wifi-enheder er dog observeret mellem 10 og 200 gange i timen i tidsrummet 8:30-15:00 (se den grønne kurve i figur 2). Dette hænger nok sammen med en række stationære aktiviteter i zonen - herunder aktiviteter indenfor almindelig arbejdstid i forsøgsområdet. Den mørkeblå kurve i figur 2, der repræsenterer 5 til 10 nye mac-adresser i timen, topper i tidsperioden 7:00-18:00 og hænger sammen det daglige trafikflow på H.C. Andersens Boulevard - overlejret af myldretrafik i perioderne: 6:30-8:00, 10:30-11:30 og 17:00-18:30.





Figur 2: Antal observationer af wifi-enheder/smartphones over et døgn i CITS zonen som funktion af hyppigheden i tilstedeværelsen af den enkelte smartphone. På figurens 2. akse tælles hver mac-adresse kun 1 gang hvis den ikke forlader zonen. De registrerede mac-adresser er inddelt i grupper efter hvor mange gange de er registreret i forbindelse med et besøg i zonen (1, 2, 3, 4, 5-10, hhv. 10-200 registreringer pr. besøg i zonen) - og antallet af besøgende mac-adresser fra hver gruppe er summeret for timebånd.

For wifi-enheder, der inden for samme ophold er observeret flere gange er der grundlag for at vurdere bevægelsesretningen. Figur 3 viser tætheden af observationer i gaderummet med farver efter bevægelsesretning mod eller væk fra rådhuset, samt på tværs af H.C. Andersens Boulevard. Bemærk f.eks. at tværgående bevægelser især kan henføres til området ved fodgængerfeltet og sekundært til området ved Københavns Rådhus.



Figur 3: Tætheden af observerede wifi-enheder for tre bevægelsesretninger: til/fra Rådhuspladsen og på tværs af H.C. Andersens Boulevard.

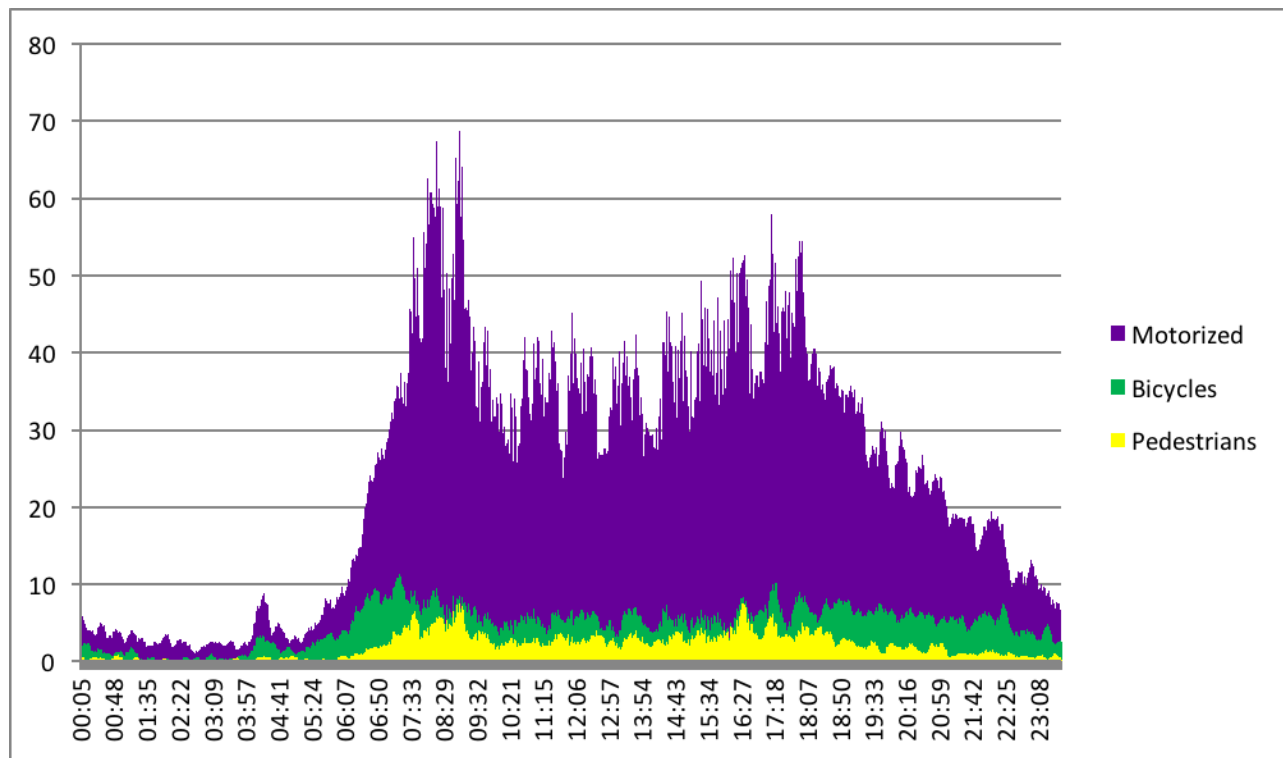
## På vej mod en flydende flowstatistik

I forhold til ITS og anvendelse inden for trafikplanlægning er det et centralt spørgsmål i hvilken grad wifi-positioneringen kan anvendes til at skabe en flow-statistik, der nærmer sig det vi kender fra almindelige snit-tællinger. En foreløbig konklusion på dette er, at wifi-registreringen får for meget med, og at der er behov for at filtrere på enhedernes retning for at nærme sig trafikken i vejens længderetning. Desuden er der en udfordring i præcist at få identificeret trafiktypen ud fra bevægelseskarakteristika i data. Dette blev ikke undersøgt i større detaljegråd i CITS projektet.

Data understøtter imidlertid, ved flere observationer af samme enhed, nye informationer om enhedens position, positionsændring, hastighed og retning over specifikke tidsintervaller. Det giver en mere indgående forståelse af karakteristika i trafik-flow'et og en bedre statistisk beskrivelse af det totale flow. En frasortering af stationære og semi-stationære enheder og tværgående bevægelser leder derfor til et mål for trafikken der ligger nærmere en klassisk trafiktælling.

I figur 4 er data opdelt efter opholdstid i zonen, bevægelseslængde, samt gennemsnits- og maksimumshastigheder. Det skal bemærkes at inddelingen er tentativ, fordi den er baseret på et lille forsøgsområde og begrænsede muligheder for at teste hvorledes f.eks. buspassagerers hastighedsprofil skal detekteres i databasen. Et større forsøgsområde vil give flere målinger af alle parametre og dermed et sikrere grundlag for at vurdere de enkelte trafiktyper. Noget udviklingsarbejde omkring klassifikationen og valideringen må dog påregnes.

CITS har demonstreret et udviklingsbehov, herunder også et behov for at udvikle metoder til løbende at kalibrere wifi-baseret monitorering med andre datatyper. Kalibreringsbehovet opstår dels fordi resultatet vil afhænge af, hvor stor en del af befolkningen, der har smartphones, befolkningens brug af disse enheder, samt ændringer fra producenternes side af transmissionen af IEEE 'probe'-signaler.



Figur 4: Inddeling af wifi-monitoreret flow i vejens længderetning efter hastigheder svarende til cykler, fodgængere og motoriseret trafik. Observationerne stammer fra den 2. februar 2015.

Den dominerende trafiktype på vejstrækningen, dækket af CITS-projektet (figur 4), er motoriserede køretøjer. Trafiktypen har to tydelige toppe, der indikerer næsten en fordobling af trafikken i myldretidsperioderne. Samme trafiktæthedsforløb er også gældende for fodgængerne, som sikkert også indeholder antallet af personer i offentlige busser. Mængden af cykler ses at toppe om morgenen omkring en time tidligere end det er tilfældet for bilerne.

Registreringer fra den 2. februar 2015 (figur 4) gav ca. 40.000 smart phones i bevægelse langs med vejen. Dette kan sammenlignes med et flow, jævnfør andre kilder, på ca. 38.000 biler, 540 busser, 2.500-5.000 fodgængere, samt 6.000-12.000 cykler – svarende til et sted i mellem 47.000 og 56.000 personer i døgnet over den målte strækning. Antallet af fodgængere og cyklister er usikre, da der ikke eksisterer manuelle tællinger på strækningen på H.C. Andersens Boulevard. Inddrager man i sammenligningen, at kun ca. 75% af alle danskere har smartphones, giver det indtryk af, at trafikken meget godt kan beskrives med et wifi-baseret system som anvendt i CITS. Dog er der behov for at kende 'korrektionsfaktorerne' bedre – herunder ikke mindst variationen over døgnet som følge af højere eller lavere hastigheder i observationsområdet.





Figur 5: Sammenligning af trafiktællinger og wifi-observationer opgjort akkumuleret over en time (fra kl. 3:00 til kl. 24:00). Standard trafiktællingerne er henholdsvis fra H.C. Andersens Boulevard (den 23. september 2014 - blå kurve) og fra Åboulevarden (februar 2010 - grøn kurve). Den røde kurve angiver wifi-trafiktællingerne fra H.C. Andersens Boulevard (den 7. februar 2015).

## Konklusion

CITS-projektet gennemførtes som et eksempel på en samarbejdsmodel for innovation (OPI) i intelligente trafiksystemer (ITS) mellem offentlige og private interesser. Ideen bag OPI er, at den på den ene side skal tilgodese virksomhedernes, byens og universitetets kollektive forretningsmodel, og samtidig skabe mersalg for virksomhederne, bedre tilpassede og effektive produkter for offentlige institutioner/kommunen, samt skabe værdi for byens borgere og brugere i deres hverdag. CITS demonstrerede, at det er muligt at udvikle et avanceret trafikmonitoreringssystem med mange nye informationer når data baseres på opsamling af wifi-signaler.

Mindre præcise metoder bliver allerede brugt til fodgænger målinger. En mere præcis metode, som anvendt i CITS projektet, kan formentligt give omkostningseffektive informationer om flow for alle trafikarter for store områder og på alle tidspunkter af døgnet. Oplysningerne kan bruges til indikatorer og live-dashboards, der igen kan informere interessenter, borgere, samt planlægning om nye intelligente måder at informere og styre trafiksystemer i storbyer.